

▣ Tehnologije navidezne in obogatene resničnosti, kot orodje za predstavitev novih idej in produktov na sejmih: primer Mahepa

Simon Kolmanič¹, Maršenka Marksel², Domen Mogus¹, Borut Žalik¹

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Koroška cesta 46, 2000 Maribor

²Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor
simon.kolmanic@um.si, marsenka.marsel@um.si, domen.mogus@um.si, borut.zalik@um.si

Izvleček

Navidezno in obogateno resničnost lahko uporabimo tudi na področju predstavitev novih izdelkov in idej širši javnosti. Z njima lahko uporabnike in potencialne kupce seznanimo z izdelkom že v času njegovega razvoja. V članku opisujemo naše izkušnje s predstavitvijo rezultatov projekta MAHEPA. Gre za evropski projekt v okviru programa Obzorje 2020, znotraj katerega se razvijata dva hibridna pogona za letala prihodnosti. Ker so leti s tema pogonoma predvideni šele v letu 2020, je bilo možno napredek v razvoju obeh pogonskih sistemov letal na letalskem sejmu AERO 2019 predstaviti zgolj s pomočjo virtualnih modelov. V članku predstavljamo naše izkušnje s pripravo predstavitve, temelječe na navidezni in obogateni resničnosti, ter pokažemo, da so takšne predstavitve konkurenčne klasičnim in predstavljajo cenovno ugodnejšo alternativo. Predstavitve smo razdelili v tri sklope, pri čemer smo uporabljali očala HoloLens, čelado HTC Vive, s kodami QR pa smo krmilili tudi predstavitev na mobilnih napravah. Vse tri predstavitve so bile izdelane z igralnim pogonom Unity.

Ključne besede: virtualni razstavniki, razvoj virtualnih predstavitev, navidezna resničnost, obogatena resničnost.

Abstract

Virtual and augmented reality can also be used for the presentation of new products and ideas to the public. With their help, new products can be introduced to the users and potential buyers already during the product development stage. In this article, our experiences with the presentation of the research results of the MAHEPA project are presented. MAHEPA is a European Horizon 2020 project focusing on the development of two hybrid powertrains for airplanes of the future. Because the first flights with these propulsion systems were not planned until 2020, the presentation of the powertrains development progress during the AERO 2019 flight-expo was only possible with the use of virtual models. In the article, we present our experiences with the development of the presentation based on virtual and augmented reality and show that such presentation can constitute a competitive and cost-effective alternative to classical exhibitions. Our presentation was divided into three distinct parts, using HoloLens glasses and the HTC Vive headset, while QR codes were used for controlling the research results presentation on mobile devices. All three presentations were developed in the Unity game engine.

Keywords: Virtual exhibits, virtual exhibition development, virtual reality, augmented reality.

1 UVOD

Vedno večja ozaveščenost pri varovanju okolja izpostavlja potrebo po čistejših pogonskih tehnologijah tudi v letalski industriji. Za razliko od cestnih vozil, je razvoj tovrstnih pogonov v letalski industriji šele na začetku. V okviru projekta MAHEPA se tako na

dveh različnih štirisedežnih letalih, Panthera in HY4, razvijata dva hibridna pogona. Pogona se razlikujeta po načinu generiranja električne energije. V primeru Panthera za to poskrbi običajen letalski motor, ki ga poganja kerozin, v HY4 pa se v ta namen uporabljajo vodikove gorilne celice. Z namenom seznanitve širše

javnosti z dosedanjimi rezultati raziskav, je bilo treba rezultate predstaviti na pomembnejših letalskih sejmih. Eden najpomembnejših za splošno letalstvo v Evropi je sejem AERO s preko 33.000 obiskovalcev. Ker pa letala s pogoni, ki so predmet raziskav, v tem trenutku še ne letijo, je bilo treba poiskati alternativne atraktivne metode predstavitve, ki bi bile primerljive z razstavljenimi modeli letal in letalske tehnike. Pri tem smo se odločili za predstavitev hibridnega pogona letala Panthera z uporabo navidezne in obogatene resničnosti.

Čeprav sta navidezna in obogatena resničnost tehnologiji, ki sta prisotni preko 20 let [2,16], pa sta zaradi zahtevne in dokaj drage opreme, ki jo za to potrebujemo, še vedno relativno redki v našem vsakdanjiku in zato še vedno vzbujata precejšnjo pozornost. Tako navidezna kot obogatena resničnost se uspešno uporabljata na mnogih področjih, od izobraževanja, v muzejih, promociji turizma, zabavni industriji [1,5,6,10,11] in še kje. Izkušnje raziskovalcev kažejo, da je glavna prednost predstavitev s to tehnologijo ta, da lahko uporabnik interaktivno sodeluje pri predstavitvi. Zaradi tega imajo tovrstne predstavitve veliko skupnega z razvojem in igranjem iger, kar še posebej uspešno uporabljajo v muzejih in pri ohranjanju kulturne dediščine [15]. Ob tem pa smo bili soočeni še z dodatnimi zahtevami, in sicer so morali biti uporabljeni modeli letala Panthera in njegovih komponent kar se da realistični in točni, celotna predstavitev pa je morala biti konkurenčna razstavljenim resničnim letalom. Glede na to, da so bile dosedanje izkušnje raziskovalcev vezane na virtualne predstavitve, ki so se odvijale ločeno od realnih, je bilo treba rešitev za to še poiskati. Ne glede na to, da tehnologija to omogoča, raziskovalci v svojih predstavitev niso posvečali veliko pozornosti fotorealizmu objektov, pa tudi s tem, kako pritegniti pozornost obiskovalcev, se niso ukvarjali. Pri tem je še posebni izziv predstavljalo dejstvo, da je izkušnja navidezne ali obogatene resničnosti vezana na posameznega uporabnika in ne na skupine, kakršne srečamo na sejnih. Tako smo predstavitev razdelili v tri dele: predstavitev, krmiljeno s kodami QR, pritrjenimi na nos enega od maket letal, predstavitev z očali HoloLens¹ in predstavitev s pomočjo čelade za na-

videzno resničnost HTC Vive². Vsebina prvih dveh predstavitev je bila dokaj podobna, medtem, ko smo v predstavitvi z navidezno resničnostjo prikazovali notranjost pilotske kabine letala, ki so jo uporabniki hkrati videli tudi na velikem zaslonu. Takšna zasnova se je izkazala za uspešno, saj je razstaveni prostor MAHEPE obiskalo zelo veliko obiskovalcev. Samo predstavitev smo kasneje uspešno preizkusili tudi na razstavišču konference Creativity³ v Italiji, kjer smo testirali odzive obiskovalcev in beležili njihovo uporabniško izkušnjo.

2 ZASNOVA IN IZDEVAVA VIRTUALNE PREDSTAVITVE

Glede na to, da je uspešna virtualna predstavitev podobna igri, je tudi njeno snovanje in implementacija podobna načrtovanju in implementaciji igre. Tako smo za izdelavo uporabili grafični pogon Unity. Unity 3D⁴ je zelo priljubljeno orodje za izdelavo mobilnih iger in aplikacij, temelječih na navidezni in obogateni resničnosti [4,8,9,18]. Da bi zagotovili čim večjo natančnost objektov v predstavitvi, smo izhajali iz CAD modelov Panthera in njenih pogonskih sklopov.

Čeprav so modeli v sistemih za industrijsko načrtovanje podobni tistim v animacijskih paketih in grafičnih pogonih, pa je med njimi vseeno velika razlika. Modeli v aplikacijah za industrijsko modeliranje in načrtovanje objektov imajo veliko natančnejšo predstavitev, medtem, ko so materiali in njihove lastnosti, na primer teksture in vizualni efekti drugotnega pomena. Tako je bilo potrebno najprej vhodne modele ustrezno pripraviti, da smo jih lahko uporabili v predstavitvi. Shematski postopek izdelave predstavitve je prikazan na sliki 1.

2.1 Priprava objektov za predstavitev

Ključna naloga je sprememba geometrijske predstavitve objektov. Pri modeliranju trdnih teles v aplikacijah CAD se namreč najpogosteje uporablja predstavitev z ovojnico [7], ki temelji na eksplicitnih funkcijskih modelih (najpogosteje NURBS [12]), medtem ko grafičnimi pogoni temeljijo na aproksimaciji površja z mnogokotniško mrežo [17]. Glede na to, da so bili v našem primeru modeli izjemno kompleksni (samo pogonski sklop je bil sestavljen iz 1800 delov, zdru-

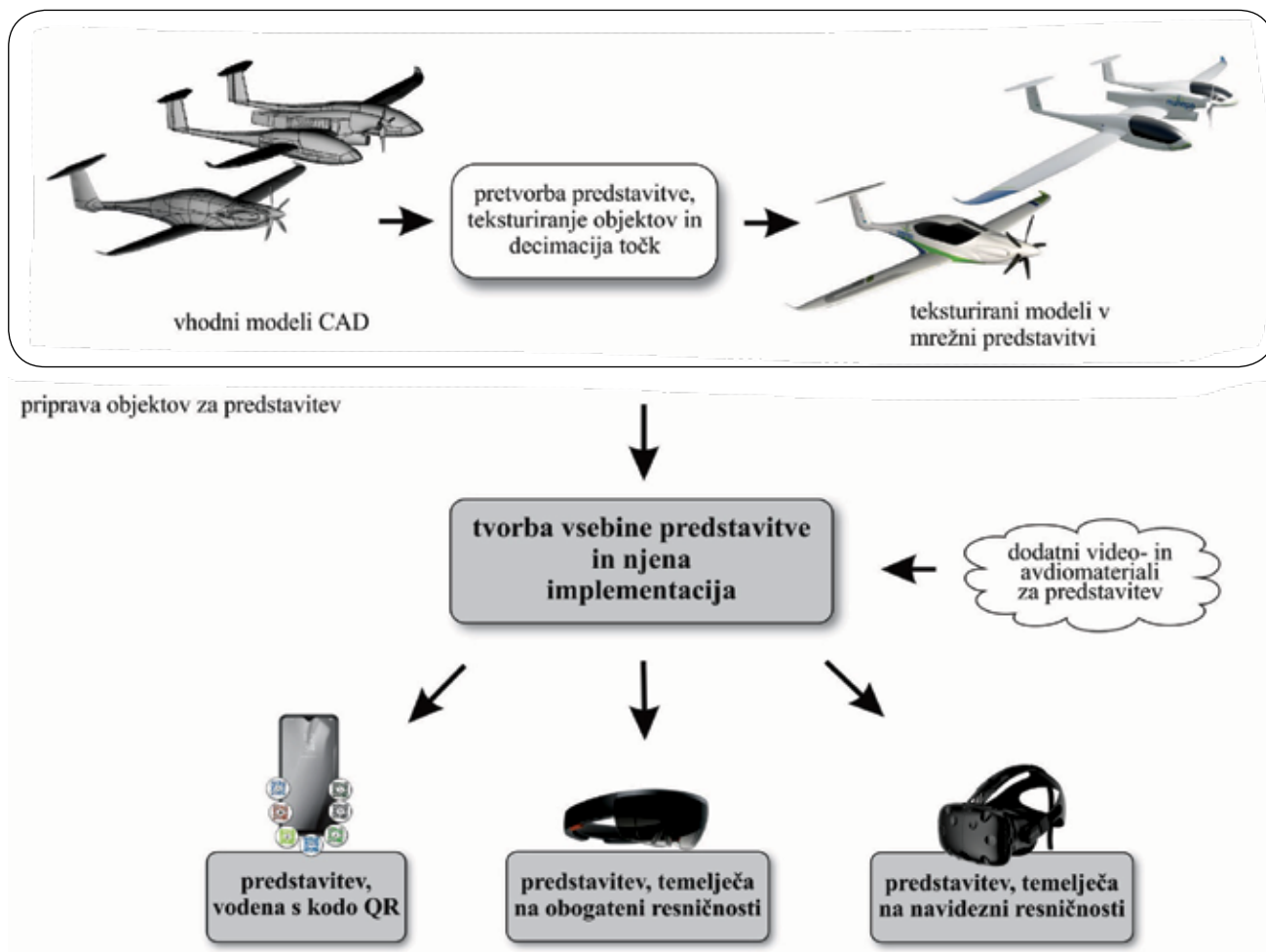
¹ <https://www.microsoft.com/en-us/hololens> (zadnji obisk 5. 2. 2020)

² <https://www.vive.com/eu/> (zadnji obisk 5. 2. 2020)

³ <https://www.progettocreativity.com/creativity19/> (zadnji obisk 5. 2. 2020)

⁴ <https://unity.com/> (zadnji obisk 5. 2. 2020)

⁵ <https://www.blender.org/> (zadnji obisk 5. 2. 2020)



Slika 1: Shematski prikaz gradnje predstavitev rezultatov razvoja hibridnih pogonov letal.

ženih v preko dvajsetih komponentah), je bilo delo časovno zelo zahtevno. Kot rezultat smo dobili množico objektov z gostimi mnogokotniškimi mrežami (pogonski sklop je sestavljalo $5,3 \cdot 10^6$ trikotnikov), kar je presevalo zmogljivosti prikaza večine mobilnih naprav, vključno z očali HoloLens. Tako je bilo nujno zmanjšati število točk, za kar smo uporabili animacijski paket Blender⁵, s katerim smo dosegali zelo dobre stopnje decimacije točk, brez vidne izgube kvalitete, kar lahko vidimo v tabeli 1. Skozi celoten proces decimacije smo modele testirali s pomočjo testnih uporabnikov, ki so ocenjevali, ali je model vizualno ustrezen, ali pa na njem opazijo kakšne napake. V kolikor se je to zgodilo, smo model zavrgli in uporabili tistega z več točkami.

Ker je bila naša virtualna predstavitev postavljena ob bok atraktivnim realnim predstavitvam, smo veliko pozornosti polagali v zagotavljanje fotorealizma uporabljenih modelov. Tako smo se z veliko skrbnostjo posvetili izdelavi čim bolj vernemu izgledu materialov in tekstur. Kot rezultat te faze, smo dobili objekte, ki so se lahko primerjali z realnimi (slika 2).

Tabela 1: Število trikotnikov v modelih pred in po decimaciji

Ime modela	pred decimacijo	po decimaciji	stopnja decimacije
lupina letala	$340 \cdot 10^3$	$316 \cdot 10^3$	1,076
letalski motor	$2 \cdot 10^6$	$421 \cdot 10^3$	4,751
celotni hibridni pogonski sklop	$5,3 \cdot 10^6$	$1,01 \cdot 10^6$	4,636

⁵ <https://www.blender.org/> (zadnji obisk 5. 2. 2020)



a)



b)

Slika 2: Objekti, uporabljeni v predstavitvi, a) primerjava virtualnega modela (zgoraj) in realne makete letala (spodaj), b) končani hibridni pogonski sklop na razstavnem prostoru projekta MAHEPA v sklopu sejma AERO 2019.

Tako slika 2a, kot slika 2b sta vizualizirani s pogonom Unity na očalih Microsoft HoloLens. Primernost objektov za predstavitev smo testirali še s pomočjo tehničnega osebja, ki je sodelovalo pri razvoju teh sistemov. S tem smo dobili dokončno potrditev, da so virtualni modeli dovolj dobri, da lahko prepričajo tudi domenske eksperte na sejnih.

2.2 Priprava vsebine predstavitev in implementacija

Pri pripravi vsebine predstavitve smo se naslanjali na izkušnje drugih raziskovalcev s tega področja [3,13,15] in vse tri predstavitve zasnovali po vzoru resnih iger [14] (angl. serious games), in uporabniku omogočili interakcijo z okoljem in predmeti predstavitve.

Še najmanjša je bila interakcija med uporabnikom in predstavitvijo pri predstavitvi, krmiljeni s kodami QR, saj se je tam vsebina prikazala v odvisnosti od kode, ki jo je uporabnik prebral s pametnim telefonom ali tablico. Glede na razširjenost platforme Android smo se odločili za podporo zgolj njej, kar ni predstavljalo kakšne ovire za obiskovalce na sejmu, saj je bila tablica z aplikacijo uporabnikom ves čas na voljo. Znotraj te aplikacije smo predstavili vse pomembne komponente hibridnega pogona, skupaj z osnovnimi tehničnimi podatki, lokacijo baterij in rezervoarjev za gorivo. Aplikacija je delovala v kombinaciji z realno maketo letala, na katero smo pritrčili kode QR (slika 3b). Maketa drugega letala je bila dvignjena v zrak in tako od daleč vidna zain-



a)



b)

Slika 3: Uporaba treh različnih predstavitev na sejmu AERO 2019, a) ureditev razstavnega prostora, prirejena virtualnim predstavitvam, b) kode QR na nosu ene od maket letala.



Slika 4: Trije različni zaslani predstavitve, krmiljene s kodami QR, a) osrednji zaslon za branje kode QR, b) zaslon s podatki o projektu MAHEPA, c) tehnični podatki o uporabljenih elektromotorjih.

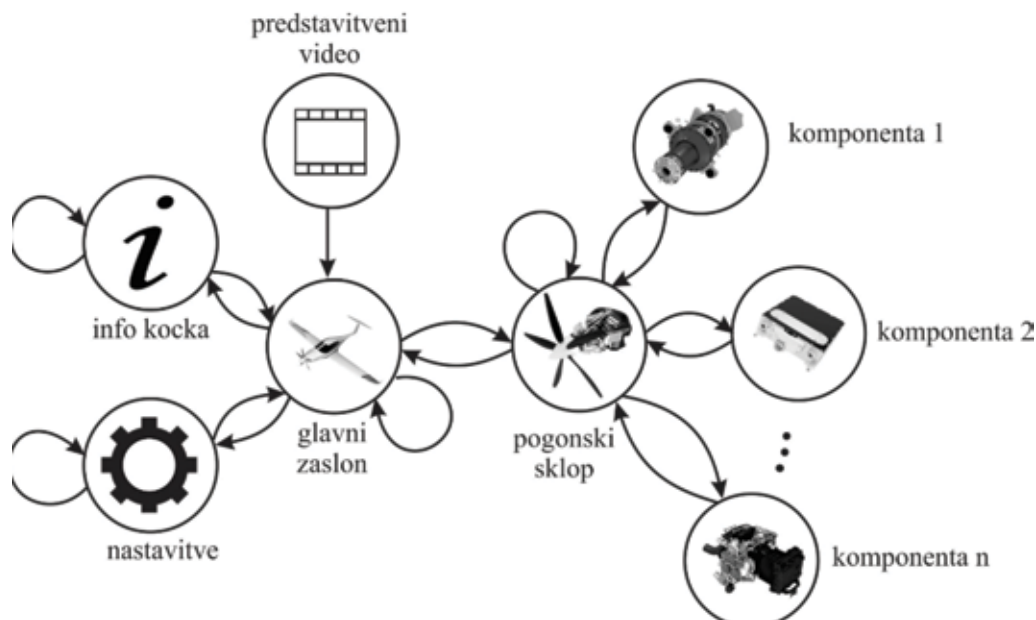
teresiranim obiskovalcem, glej sliko 3a. Ker sta obe letali v tem segmentu dobro znani, je bilo to izredno pomembno za privabljanje pozornosti obiskovalcev, še posebej, ko predstavitvi, temelječi na obogateni in navidezni resničnosti nista bili v uporabi.

Na sliki 4 lahko vidimo primer glavnega zaslona v predstavitvi, krmiljeni z branjem kode QR (slika 4a) in dva zaslona, ki se prikazeta v odvisnosti od izbrane kode (sliki 4b in 4c).

Zaradi oddaljenosti mobilne naprave od ušesa obiskovalca v času delovanja aplikacije, smo vse podatke podali zgolj v obliki besedil in preglednic. To pa ni bilo potrebno ob uporabi očal HoloLens in predstavitvi, podprti z obogateno resničnostjo. Očala HoloLens so namreč zasnovana tako, da imajo vgrajene zvočnike, s katerimi lahko pričramo občutek 3D zvoka, ki se odlično zlije z zvoki okolice. To nam je omogočilo, da smo predstavitev komponent opravili s predvajanjem zvočnega posnetka njihove predstavitve, kar je uporabniku veliko bolj prijazno, vključili pa smo tudi predstavitveni video. Zaradi vsega opisanega je bila predstavitev na HoloLensu postavljena za centralno predstavitev. Po sami informativnosti je

popolnoma primerljiva s predstavitvijo, krmiljeno s kodami QR, je pa omogočala veliko več interakcije z objekti kot prva. Predstavitev smo zasnovali tako, da je imel uporabnik v vsakem trenutku nadzor nad tem, do katerih informacij bo dostopal in do katerih ne, oziroma, kdaj bo s predstavitvijo zaključil.

To smo dosegli tako, da smo predstavitev razdelili v različne sekcije, med katerimi se je uporabnik lahko premikal s klikom na posamezne objekte, kar lahko predstavimo z diagramom prehajanja stanj, prikazanim na sliki 5. Zanke v posameznih sekcijah pomenijo, da je znotraj te sekcije možnih več aktivnosti, ki pa se od sekcije do sekcije razlikujejo. V sekciji glavnega zaslona na primer lahko uporabnik pogleda letalo, mu odstrani pokrov motorja, in si ogleda postavitev pogonskega sklopa. Letalo lahko rotira, ga prime in poljubno pomika po prostoru. S klikom na pogonski sklop preide v isto imensko sekcijo, kjer si lahko pogloblje ogleda najpomembnejše komponente pogona, s klikom na njih pa dostopa do tehničnih podatkov o posameznih komponentah, prikazanih v ločeni sekciji.



Slika 5: Diagram prehajanja stanj med različnimi zasloni predstavitve na HoloLensu.

Kljub skrbnemu načrtovanju pa je kot neznanka ostalo, ali bodo obiskovalci, ki se bodo prvič srečali z očali HoloLens, zaradi specifičnosti rokovanja z napravo imeli težave z navigacijo in kako bo to vplivalo na njihovo uporabniško izkušnjo. Zato smo v predstavitvi vključevali elemente uporabniških vmesnikov, ki jih poznajo iz osebnih računalnikov, to je ikone in sistem navigacije med posameznimi zasloni, ki je podoben navigaciji med posameznimi okni na namizju. Kot dodatno funkcionalnost pa smo dodali tudi možnost premikanja letala po prostoru, ki je predstavitev nekoliko bolj približala igri.

Kar se tiče predstavitve, temelječe na navidezni resničnosti, smo se odločili za manj zahtevno predstavitev. Prikazali smo samo notranost pilotske kabine, ki jo dobimo z uporabo 360° slike, izdelane na podlagi pilotske kabine obstoječega klasičnega letala, ki je služil kot izhodišče pri razvoju novega hibridnega pogona. V kabino je dodanih še nekaj panelov, ki predstavljajo spremembe, ki jih bo v kabino prinesel novi pogon. S premikanjem glave se tako lahko razgledamo po kabini, lahko pa prisluhnemo tudi razliki v hrupu pri popolnoma električnem letu in letu z vključenim generatorjem za proizvodnjo elek-

trične energije. Vsebinsko te predstavitve lahko vidimo na sliki 6.

Vse tri predstavitve smo implementirali s pomočjo grafičnega pogona Unity 3D z uporabo knjižnic Mixed Reality Toolkit v2 (MRTK⁶) in paketa Steam VR⁷. Prva knjižnica je bila potrebna za razvoj predstavitve za HoloLens in s sabo prinaša funkcije za razpoznavanje gest, s katerimi krmilimo programe, funkcijami za razpoznavo in generiranje govora, ki omogoča, da lahko aplikacije krmilimo tudi glasovno in še mnogo koristnih funkcij, ki nam omogočajo hitro in učinkovito delo in hitro izdelavo atraktivnih aplikacij.

Paket Steam VR smo uporabili za izdelavo predstavitve, temelječe na navidezni resničnosti. Čeprav bi tudi to lahko izdelali s pomočjo knjižnice MRTK, pa smo se raje odločili za Steam VR, saj je bolj preizkušena in se ne spreminja tako pogosto.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Opisana predstavitev raziskovalnih rezultatov je bila prvič uspešno uporabljena na sejmu AERO 2019, ki se vsako leto tradicionalno odvija v Friedrichshafnu

⁶ <https://github.com/Microsoft/MixedRealityToolkit-Unity/releases> (zadnji obisk 5. 2. 2020)

⁷ <https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/steamvr-plugin-32647> (zadnji obisk 5. 2. 2020)



Slika 6: Notranjost pilotske kabine enega od letal, ki je predmet predstavitve, temelječe na navidezni resničnosti.

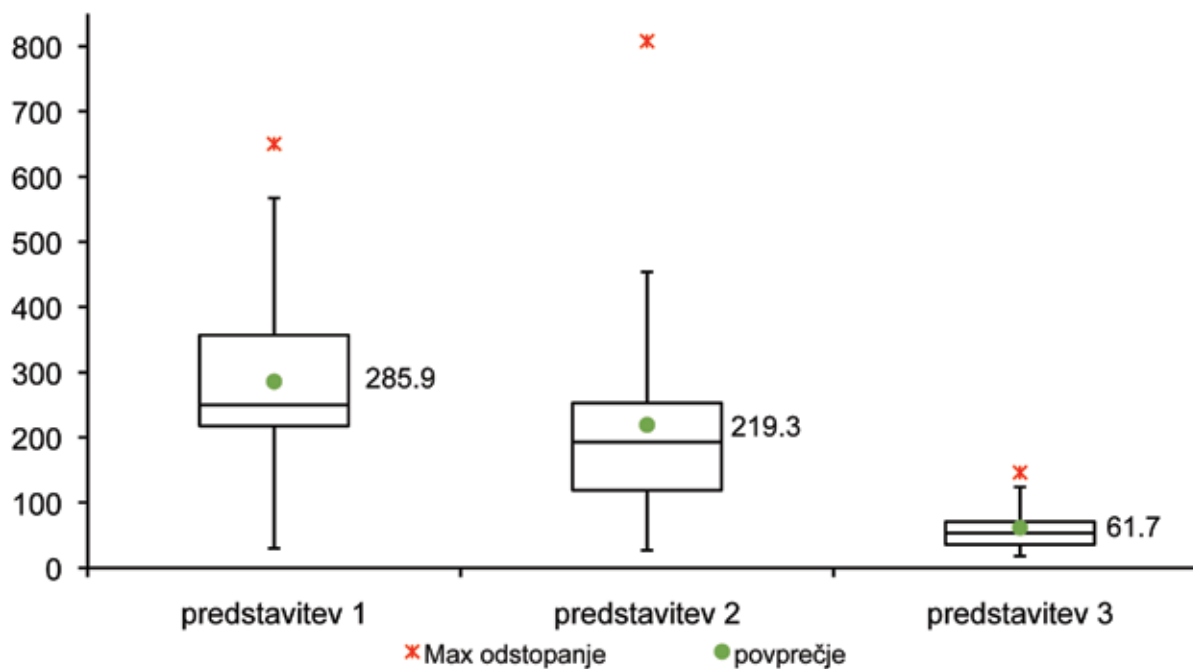
v Nemčiji. Razstavní prostor je bil organiziran tako, da je bilo največ prostora namenjenega predstavitvi z očali HoloLens, kjer se je v povprečju mudilo tudi največ obiskovalcev. Obiskovalce sta privabljali obe fizični maketi letal, kjer je bilo eno od letal dvignjeno v zrak, drugo je bilo postavljeno ob vhodu v razstavní prostor, kot lahko to vidimo tudi na sliki 3a. Pri ogledu notranjosti kabine letala je uporabnik sedel na pilotskem sedežu, kakršen bo vgrajen v letalo, kar je dodatno izboljšalo uporabniško izkušnjo. Glede na to, da je bil glavni cilj predstavitve promocija raziskovalnih rezultatov, nismo mogli kvantitativno ovrednotiti uspešnosti predstavitve z merjenjem časov, ki so jih obiskovalci preživeli na razstavnem prostoru MAHEPA, oziroma konkretno s katero od predstavitev. Po občutku pa lahko povemo, da so bile naše osnovne predpostavke pravilne. Predstavitvi na HoloLensu ali čeladi za navidezno resničnost sta pritegnili pozornost mimoidočih v času uporabe, saj smo vsebino predstavitve, temelječe na navidezni resničnosti prikazovali tudi na televiziji, uporaba HoloLensa pa je bila povezana z različnimi kretjnami uporabnikov, kar je bilo že samo po sebi zanimivo. Med premorom med posameznimi skupinami pa sta pozornost obiskovalcev pritegnili realni maketi letal na razstavnem prostoru. Zanimivo je bilo, da sta bili predstavitvi z uporabo navidezne in obogatene resničnosti enako dobro sprejeti ne glede na spol ali starost obiskovalcev. Kot dobra izbira se je pokazala funkcionalnost premikanja modela letala, saj so se s tem igrali predvsem otroci, prav tako pa je bila otrokom zelo zanimiva predstavitev pilotske

kabine letala, kar je staršem omogočilo, da so tudi sami preizkusili katero izmed predstavitev. Poseben test predstavitve so predstavljali razni eksperti, ki jih je zanimal napredek pri razvoju hibridnih pogonov, saj so po ogledu predstavitve pogosto postavljali prisotnim ekspertom, ki so sodelovali pri projektu, konkretna tehnična vprašanja v zvezi z rešitvami, ki zaradi ohranjanja konkurenčne prednosti partnerjev v projektu MAHEPA niso bile v celoti vključene v predstavitev.

Konkretne meritve časov in ovrednotenje uporabniške izkušnje smo izvajali v okviru konference Ceractivity v Pontaderi v Italiji, kjer smo rezultate projekta MAHEPA predstavljali obiskovalcem konference. Za vsakega od obiskovalcev smo merili čas, ki ga je preživel s katero od predstavitev, po končanem ogledu pa smo jih še prosili, če lahko izpolnijo anketo o uporabniški izkušnji. Meritve so potrdile naša opažanja, da so obiskovalci največ časa uporabili pri predstavitvi, krmiljeni s kodami QR in sicer v povprečju 30 % več kot za predstavitev na očalih HoloLens (285,9 sekunde proti 219,3 sekunde), kar lahko vidimo tudi na sliki 7.

4 ZAKLJUČEK

V delu smo opisali naš poskus izdelave virtualne predstavitve novih hibridnih letalskih pogonov, ki se razvijajo v okviru evropskega projekta MAHEPA. Predstavitev je bila uporabljena na letalskem sejmu AERO 2019, kjer smo v praksi preizkusili, ali lahko virtualno predstavitev uspešno postavimo ob bok



Slika 7: Porazdelitev časov, v sekundah, ki so jih obiskovalci preživeli s predstavitvijo, krmiljeno s kodo QR (predstavitev 1), predstavitvijo, temelječo na obogateni resničnosti (predstavitev 2) in predstavitvijo, temelječo na navidezni resničnosti (predstavitev 3).

realnim eksponatom. Pri tem smo bili uspešni. Tako smo pokazali, da je lahko virtualna predstavitev cenovno ugodna alternativa realnim predstavitvam v primeru, ko predmeta predstavitve ni še niti v prototipni izvedbi; takrat je to tudi edina možnost za predstavitev novih idej in produktov širši javnosti. Naše ugotovitve sovpadajo s predhodnimi raziskavami na tem področju. Dodamo pa lahko, da je v primeru vzporedne predstavitve virtualnih in realnih eksponatov izredno pomembna realističnost in točnost modelov. Pri samem načrtovanju predstavitev je potrebno upoštevati tudi izsledke raziskav s področja igrifikacije in resnih iger, da uporabnika primerno motiviramo. Naše nadaljnje delo bo usmerjeno v iskanje ključnih faktorjev, ki vplivajo na uspešnost predstavitve, naše izsledke pa bomo testirali v praksi.

ZAHVALA

Avtorji izjavljamo, da je raziskavo finančno podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenija v okviru programa P2-0041 in projekta BI-BA/19-20-003. Raziskava je prejela tudi sredstva raziskovalnega in inovacijskega programa Evropske unije Obzorje 2020 v skladu s sporazumom št. 723368.

LITERATURA

- [1] Grishma Alshi, Mansi Dandiwal, Mikhail Cazi, and Renuka Pawar. 2018. Interactive Augmented Reality-Based System for Traditional Educational Media Using Marker-Derived Contextual Overlays. In *2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, IEEE, 930–935.
- [2] Ronald T Azuma. 1997. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 6, 4 (1997), 355–385.
- [3] Johannes Breuer and Gary Bente. 2010. Why so serious? On the Relation of serious Games and Learning. *Journal for Computer Game Culture* 4, 1 (2010), 7–24.
- [4] Chunming Cheng, Li Kang, Saihua Cai, Jiayao Li, and Ruizhi Sun. 2018. Virtual Display and Interactive Experience Platform of Farming Culture Based on Unity3D. *IFAC-PapersOn-Line* 51, 17 (2018), 637–642.
- [5] Yu-Chih Huang, Sheila J Backman, Kenneth F Backman, and DeWayne Moore. 2013. Exploring user acceptance of 3D virtual worlds in travel and tourism marketing. *Tourism Management* 36, (2013), 490–501.
- [6] Filomena Izzo. 2017. Museum customer experience and virtual reality: H. BOSCH exhibition case study. *Modern Economy* 8, 4 (2017), 531–536.
- [7] John Keyser, Shankar Krishnan, and Dinesh Manocha. 1999. Efficient and accurate B-rep generation of low degree sculptured solids using exact arithmetic: I—representations. *Computer Aided Geometric Design* 16, 9 (1999), 841–859.
- [8] Sung Lae Kim, Hae Jung Suk, Jeong Hwa Kang, Jun Mo Jung, Teemu H Laine, and Joonas Westlin. 2014. Using Unity 3D to facilitate mobile augmented reality game development. In *2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, IEEE, 21–26.

- [9] Xin Min, Wenqiao Zhang, Shouqian Sun, Nan Zhao, Siliang Tang, and Yueting Zhuang. 2019. VPMoel: High-fidelity product simulation in a virtual-physical environment. *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 25, 11 (2019), 3083–3093.
- [10] Jane K Nielsen. 2017. Museum communication and storytelling: articulating understandings within the museum structure. *Museum management and curatorship* 32, 5 (2017), 440–455.
- [11] Fuguo Peng and Jing Zhai. 2017. A mobile augmented reality system for exhibition hall based on Vuforia. In *2017 2nd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)*, IEEE, 1049–1052.
- [12] L Piegl and W Tiller. 1995. The NURBS book springer. *New York* (1995).
- [13] Werner Siegfried Ravayse, A Seugnet Blignaut, Verona Leendertz, and Alex Woolner. 2017. Success factors for serious games to enhance learning: a systematic review. *Virtual Reality* 21, 1 (2017), 31–58.
- [14] Ganit Richter, Daphne R Raban, and Sheizaf Rafaeli. 2015. Studying gamification: The effect of rewards and incentives on motivation. In *Gamification in education and business*. Springer, 21–46.
- [15] Selma Rizvic, Aida Sadzak, Vedad Hulusic, and Amela Karahasanovic. 2013. Interactive digital storytelling in the sarajevo survival tools virtual environment. In *Proceedings of the 28th spring conference on computer graphics*, ACM, 109–116.
- [16] Jonathan Steuer. 1992. Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of communication* 42, 4 (1992), 73–93.
- [17] Rui Sun, Shuming Gao, and Wei Zhao. 2010. An approach to B-rep model simplification based on region suppression. *Computers & Graphics* 34, 5 (2010), 556–564.
- [18] Sa Wang, Zhengli Mao, Changhai Zeng, Huili Gong, Shanshan Li, and Beibei Chen. 2010. A new method of virtual reality based on Unity3D. In *2010 18th international conference on Geoinformatics*, IEEE, 1–5.

■

Simon Kolmanič je docent za področje računalništva na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za Elektrotehniko, računalništvo in informatiko. Magistriral je leta 1999 iz računalništva in informatike, leta 2005 pa še doktoriral. Od leta 1996 do leta 2015 je bil član Laboratorija za računalniško grafiko in umetno inteligenco od leta 2015 pa je član Laboratorija za geometrijsko modeliranje in algoritme multimedije. Njegovo raziskovalno področje zaobsega računalniško grafiko in animacijo, algoritme in podatkovne strukture, modeliranje in simulacijo ter računalniško podprto poučevanje. Je avtor večih znanstvenih člankov v priznanih znanstvenih revijah.

■

Maršenka Marksel je asistentka in raziskovalka na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo. Vključena je bila v več mednarodnih raziskovalnih projektov med drugimi: FUTUREMED, HYPSTAIR, GRASPINNO, SULPITER, EGUTS itd. Trenutno aktivno sodeluje v projektih MELINDA, SMACKER, ION, E-CARRAGIES. Je izkušena vodja projektov in trenutno vodi projekt H2020 imenovan MAHEPA. Strokovno je sodelovala pri številnih študijah, kot so Ground infrastructure investments for hybrid-electric aircraft, Understanding trends & scenarios of freight transport in FUAs, Living Lab approach, Impact analysis of new railway service.

■

Domen Mongus je izredni profesor na Univerzi v Mariboru in podpredsednik programskega odbora nacionalnega Strateškega razvojno inovacijskega partnerstva v okviru slovenske strategije pametne specializacije (S4) na področju Pametnih mest in skupnosti. Njegovi raziskovalni interesi vključujejo obdelavo podatkov daljinskega zaznavanja, prostorsko-časovno analitiko in geooprostro inteligenco. Do nedavnega je bil tudi član izvršnega odbora krovne Evropske organizacije za geografske informacije (EUROGI) in slovenske sekcije ACM. Za svoje znanstveno in pedagoško delo je bil leta 2015 imenovan za mladega znanstvenika, leta 2018 pa je prejel najprestižnejšo institucionalno akademsko nagrado za izjeme prispevek k znanstvenemu in pedagoškemu ugledu ter odličnosti Univerze v Mariboru.

■

Borut Žalik je redni profesor za predmetno področje računalništva na Univerzi v Mariboru. Iz elektrotehnike je diplomiral leta 1985, magistriral je leta 1989 iz računalništva in informatike, leta 1993 pa je pridobil doktorat iz tehniških znanosti. Zaposlen je na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, kjer je bil od 2003 do 2011 prodekan za raziskovalno dejavnost, od 2011 do leta 2019 pa dekan. Vodi Laboratorij za geometrijsko modeliranje in algoritme multimedijev. Njegova raziskovalna področja so obdelava geometrijskih podatkov, stiskanje podatkov in računalniška multimedija. Objavil je več univerzitetnih učbenikov in preko 130 člankov v priznanih znanstvenih revijah. Ima tudi 11 patentov, od tega 3 s popolnim patentnim preizkusom.